

!Fw/B



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Jens-Wolf Jaisle

Appln. No.: 10/643,195 ✓

Filed: August 18, 2003

For: TURBOCHARGER WITH MAGNETIC BEARING SYSTEM THAT INCLUDES DAMPERS

Attorney Docket No.: DKT02105

Customer Number: 00124

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

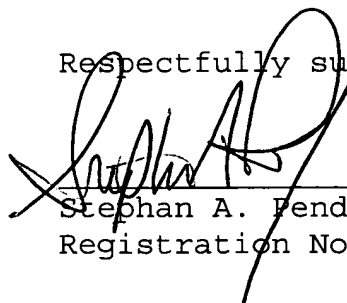
MAIL STOP: ISSUE FEE  
Commissioner of Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

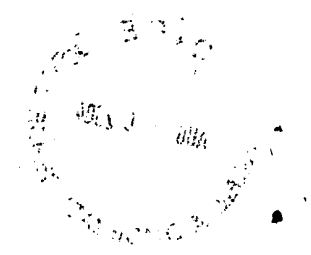
Attached please find the following:

1. Copy of the Priority Document, European Application  
No. 02 018 633.4.

Respectfully submitted,

  
Stephan A. Pendorf  
Registration No. 32,665

PENDORF & CUTLIFF  
5111 Memorial Highway  
Tampa, FL 33634-7356  
(813) 886-6085  
August 25, 2004



MS PAGE BLANK (USPTO)

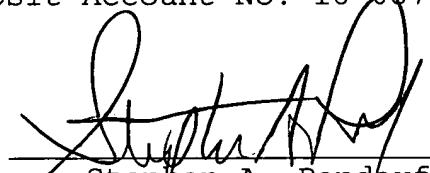
U.S. Patent Application No.10/643,195  
SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

ATTORNEY DOCKET:DKT02105

**CERTIFICATE OF MAILING AND AUTHORIZATION TO CHARGE**

I hereby certify that the foregoing SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT for U.S. Application No. 10/643,195 filed August 18, 2003, was deposited in first class U.S. mail, postage prepaid, addressed: MAIL STOP: Issue Fee, Commissioner of Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on August 25, 2004.

The Commissioner is hereby authorized to charge any additional fees, which may be required at any time during the prosecution of this application without specific authorization, or credit any overpayment, to Deposit Account No. 16-8877.

  
\_\_\_\_\_  
Stephan A. Pendorf

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**Europäisches  
Patentamt**

**European  
Patent Office**

**Office européen  
des brevets**

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

**Patentanmeldung Nr.    Patent application No.    Demande de brevet n°**

**02018633.4**

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**R C van Dijk**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Anmeldung Nr:  
Application no.: 02018633.4  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 20.08.02  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

BorgWarner, Inc.  
BorgWarner Powertrain Technical Center,  
3800 Automation Drive,  
Ste. 100  
Auburn Hills, MI 48236  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Abgasturbolader

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

F02B/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



STUTTGART

Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Eckhard Wolf\*  
Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Johannes Lurz\*  
Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Thomas Pfiz\*

BADEN-BADEN

Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Thilo Corts

Zustelladresse:

Hauptmannsreute 93  
D-70193 Stuttgart

Telefon 0711 - 187760  
Telefax 0711 - 187765

BorgWarner Inc.  
BorgWarner Powertrain Technical Center  
3800 Automation Drive, Ste. 100  
Auburn Hills, MI 48236  
USA

---

Abgasturbolader

---

A 54 542 EP

19.08.02

## **Abgasturbolader**

### **Beschreibung**

- 5 Die Erfindung betrifft einen Abgasturbolader mit einem Gehäuse und einer  
im Gehäuse um ihre Längsachse drehbar angeordneten Welle, auf der ein  
Turbinenrad und ein Verdichterrad sitzen und die in Radiallagern und we-  
nigstens einem Axiallager geführt ist, wobei die Radiallager als passive per-  
manentmagnetische Lager ausgebildet sind, die jeweils eine auf der Welle  
10 sitzende Lagerscheibe als Rotor und wenigstens einen diesen an zumindest  
einer Seite axial gegenüberliegenden Stator aufweisen.

- Abgasturbolader dienen der Verbesserung des Wirkungsgrades und damit  
der Leistungssteigerung von Verbrennungsmotoren. Sie weisen eine Welle  
15 auf, die einerseits mit einem Turbinenrad und andererseits mit einem Ver-  
dichterrad versehen ist. Das Turbinenrad wird vom Abgasstrom des  
Verbrennungsmotors beaufschlagt, wobei im Wesentlichen ein Teil der ther-  
mischen Energie des Abgases durch das Turbinenrad in eine Drehbewe-  
gung umgesetzt wird. Über die Welle wird das Verdichterrad angetrieben,  
20 das Frischluft ansaugt und mit Überdruck in die Einlasskanäle des Verbren-  
nungsmotors einströmen lässt und damit den Füllungsgrad verbessert.

- An die Lagerung der Welle von Abgasturboladern werden hohe Anforderun-  
gen gestellt. Zum einen erreicht die Welle hohe Drehzahlen bis zu  
25 300.000 U/min. Zum anderen sind der Abgasturbolader und damit dessen  
Lager hohen Temperaturen ausgesetzt. Ein weiteres Problem besteht darin,  
dass der auf das Turbinenrad auftreffende Abgasstrom starke Axialkräfte  
erzeugt, die in einem Axiallager aufgefangen werden müssen. Wegen der  
hohen Drehzahlen müssen die sich drehenden Teile des Abgasturboladers  
30 hochgenau ausgewuchtet werden, damit so wenig wie möglich Schwingun-  
gen bzw. Vibrationen erzeugt werden. Bei alledem muss zusätzlich noch dar-

- 2 -

darauf geachtet werden, dass der sehr breite Temperaturbereich, in dem ein Abgasturbolader arbeitet, nicht zu Verspannungen der Lager aufgrund von Materialausdehnungen führt.

- 5 Als Lager für die Welle kommen bisher ausschließlich Gleit- oder Wälzlager zur Anwendung. Sie unterliegen mit Blick auf die vorgenannten Beanspruchungen erheblichem Verschleiß und sind ebenso wie deren Schmierung zu ca. 80 % für den Ausfall des Abgasturboladers verantwortlich. Demgegenüber verspricht eine magnetische Lagerung der Welle den Vorteil, dass auf
- 10 den Einsatz von Öl als Schmiermittel verzichtet werden kann. Dadurch lassen sich strenge Abgasnormen für Fahrzeuge einhalten und die Zuverlässigkeit der Turbolader erhöhen. Weiterhin bieten magnetische Lager den Vorteil der Reduzierung oder sogar Vermeidung des Wuchtens der rotierenden Komponenten, da diese Lager den Rotor in seiner Schwerpunktachse halten.
- 15 In einem Punkt sind magnetische Lager den herkömmlichen ölschmierten Gleitlagern jedoch unterlegen – sie besitzen nahezu keine Dämpfung. Diese ist zwingend notwendig um Anregungen von außen, beispielsweise durch den Verbrennungsmotor, zu dämpfen und die Radialbewegung des Rotors auf das, durch die vorhandenen Radialspalte vorgegebene Spiel, zu begrenzen. Die Dämpfung muß durch zusätzliche konstruktive Maßnahmen bereitgestellt werden.
- 20

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die Lagerung eines Abgasturboladers so zu gestalten, dass bei der Verwendung von permanentmagnetischen Radiallagern eine hinreichende Dämpfung auftretender Radialbewegungen des Rotors erreicht wird.

25

Zur Lösung dieser Aufgabe wird die in Patentanspruch 1 angegebene Merkmalskombination vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

30

- 3 -

Gemäß der Erfindung wird vorgeschlagen, dass zwischen dem Stator und einer gehäusefesten Partie jeweils ein federelastisches Element zur radialen Dämpfung von Schwingungsbewegungen der Welle angeordnet ist. Die federelastischen Elemente werden durch Radialbewegungen der Statoren auf  
5 Druck beansprucht und behindern auf diese Weise die Radialbewegungen der Welle und wirken dämpfend.

Die gehäusefesten Partien können durch Gehäusescheiben mit einem den Stator axial überragenden Flanschfortsatz gebildet sein, wobei das feder-  
10 elastische Element bevorzugt mit einer radial außen liegenden Fläche des Stators einerseits und einer radial innen liegenden Fläche der gehäusefesten Partie andererseits spaltfrei verbunden ist.

Der Stator ist vorzugsweise als den Rotor axial und radial einfassendes, im  
15 Querschnitt U-förmiges Joch ausgebildet und es können zwei Radiallager vorhanden sein, zwischen denen wenigstens ein Axiallager angeordnet ist. Dabei sollten die Radiallager innerhalb des Turboladers einen möglichst großen Abstand haben, um einen großen Hebelarm für eventuell auftretende Kippbewegungen der Welle zu haben. Eine positive Systemsteifigkeit, d.h.  
20 ein stabiles Radiallagersystem ergibt sich für Lagerabstände, welche größer sind als der mittlere Durchmesser der Lagerringe.

Das federelastische Element ist in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung als koaxial zur Welle angeordneter, zylindrischer Ring ausgebildet. Hierdurch  
25 wird eine gleichmäßige Dämpfungswirkung über den gesamten Umfang erreicht. Die im Betrieb des Turboladers auftretenden Schwingungen oder Vibrationen der rotierenden Teile hängen unter anderem von deren Masse und mechanischer Steifigkeit ab. Dies bedingt eine bestimmte Federsteifigkeit und Dämpfungskonstante des federelastischen Elements, die durch geeignete  
30 Wahl der Materialzusammensetzung des Elements bereitgestellt werden kann. Bevorzugt weist das federelastische Element eine Federsteifigkeit

- 4 -

zwischen 200 kN/m und 600 kN/m sowie eine Dämpfungskonstante zwischen 100 kg/s und 300 kg/s auf. Diese Werte können auf einfache Weise erreicht werden, indem das federelastische Element aus einem Kunststoff, bevorzugt aus Kautschuk besteht.

5

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen

10 Fig. 1 die Seitenansicht eines Abgasturboladers ohne Gehäuse mit Teilschnittdarstellung des oberen Teils der Lagerung der Welle; und

Fig. 2 einen Querschnitt durch ein Radiallager des Abgasturboladers gemäß Fig. 1.

15 Der in Fig. 1 dargestellte Abgasturbolader 1 weist eine Welle 2 auf, an deren linksseitigem Ende ein Verdichterrad 3 und an deren rechtsseitigem Ende ein Turbinenrad 4 sitzen. Das Verdichterrad 3 ist in an sich bekannter Weise als Radialverdichter ausgebildet.

20 Zwischen Verdichterrad 3 und Turbinenrad 4 befinden sich zwei Radiallager 5, 6. Die Radiallager 5, 6 sind dem Verdichterrad 3 bzw. dem Turbinenrad 4 benachbart. Zwischen ihnen befinden sich Nuten 7, 8, die der Aufnahme von Dichtringen dienen, wobei sie Begrenzungslager mit einem typischen Spiel von ca.  $\pm 0,15$  mm bilden. Zwischen den Radiallagern 5, 6, befindet sich ein  
25 Axiallager 9.

Wie sich aus dem oberen Teil von Fig. 1 ersehen lässt, ist die Welle 2 von insgesamt sechs Ringen umgeben, die gegen einen Bund 10 an der Welle 2 axial verspannt sind. Auf eine erste Wellenhülse 11 mit der Nut 7 folgt eine  
30 Lagerscheibe 12, eine zweite Wellenhülse 13, eine Lagerscheibe 14, eine dritte Wellenhülse 15 und eine weitere Lagerscheibe 16.

Die Lagerscheiben 12, 16, gehören zu den Radiallagern 5, 6. Sie werden jeweils beidseitig durch ein im Querschnitt U-förmiges, die Welle 2 coaxial umgebendes Joch 17, 18 einfasst, wobei jedes Joch 17, 18 ein Paar von  
 5 Radiallagerstatoren 19, 20 bzw. 21, 22 aufweist, die die Schenkel der Joche 17, 18, bilden. Die Radiallagerstatoren 19, 20, 21, 22 und die Lagerscheiben 12, 16 weisen Permanentmagnete 23, 24, 25, 26 bzw. 27, 28, 29, 30 auf, die sich in den beiden Radiallagern 5, 6 jeweils in axialer Richtung gegenüber-  
 10 stehen. Sie sind so polarisiert, dass sie sich jeweils anziehen, so dass sich in den Spalten zwischen den Lagerscheiben 12, 16 und den Radiallagerstato-  
 ren 19, 20, 21, 22 ein axial gerichtetes und attrahierendes Magnetfeld ergibt. Die Magnetfelder zentrieren die Welle 2, wobei eine Radialsteifigkeit von beispielsweise 160 kN/m erreicht wird.

15 Die Permanentmagnete 23 bis 30 bestehen jeweils aus neun coaxial ineinander gesetzten Ringmagneten 34 wie aus der vergrößerten Darstellung des Radiallagers 6 in Fig. 2 zu sehen ist. Die Ringmagnete 34 eines Perma-  
 nentmagneten 23 bis 30 liegen in radialer Richtung spaltlos aneinander an. Zwei in radialer Richtung benachbarte Ringmagnete 34 sind entgegenge-  
 20 setzt axial magnetisiert. Die in axialer Richtung gegenüberliegenden Ringmagnete 34 von zwei benachbarten Permanentmagneten 23 bis 30 sind sich gegenseitig anziehend polarisiert, so dass ein axialer Magnetfluss entsteht.

Die Joche 17, 18 werden radial außenseitig von federelastischen Elementen  
 25 60, 61 umgeben, die als zylindrische Ringe aus Kunststoffmaterial ausgebildet sind. Um auftretende Schwingungen möglichst wirksam dämpfen zu können, sind die Ringe 60, 61 spaltfrei mit der radial außen liegenden Fläche der Joche 17, 18 einerseits und der radial innen liegenden Fläche eines die  
 30 Joche 17, 18 axial übergreifenden Flansches von Gehäusescheiben 37, 38 andererseits verbunden. Die Gehäusescheiben 37, 38 sind mit dem in der Zeichnung nicht näher dargestellten Gehäuse des Turboladers verbunden.

- 6 -

Die Ringe 60, 61 werden durch Radialbewegungen der Joche 17, 18 auf Druck beansprucht und dämpfen auf diese Weise die Radialbewegung. Die Federsteifigkeit der Ringe 60, 61 liegt im Bereich von 200 kN/m bis 600 N/m. Die Dämpfungskonstante der Ringe 60, 61 beträgt etwa 100 kg/s bis 5 300 kg/s.

Die Lagerscheibe 14 gehört zu dem Axiallager 9. Sie wird beidseitig von einem Ringjoch 47 aus geblechtem St-Eisen eingefasst. Das Ringjoch 47 ist zwischen den beiden Gehäusescheiben 37, 38 eingefasst und fixiert. Es hat 10 einen äußeren Jochmantel 48, von dem zwei nach innen gerichtete Jochschenkel 49, 50 ausgehen, die L-förmigen Querschnitt haben und mit gegeneinander gerichteten Schenkelabschnitten die Lagerscheibe 14 einfassen, wobei zwei Magnetspalte 51, 52 entstehen. Der Umfangsseite der Lagerscheibe 14 benachbart befinden sich innerhalb des Ringjochs 47 zwei 15 axial nebeneinander liegende Permanentmagnete 53, 54, welche - symbolisiert durch die Dreiecke - entgegengesetzt axial polarisiert sind. Sie liegen aneinander und an den Jochschenkeln 49, 50 an. Sie werden von einer elektromagnetischen Ringspule 55 umgeben, die den Raum zwischen den Permanentmagneten 53, 54 sowie dem Jochmantel 48 und den Jochschen- 20 keln 49, 50 ausfüllt.

Aufgrund der magnetischen Instabilität der Welle 2 in axialer Richtung muss über das Axiallager 9 eine axiale Stabilisierung bewirkt werden. Dies geschieht bei einer axialen Auslenkung der Lagerscheibe 14 dadurch, dass 25 diese Auslenkung von einem hier nicht näher dargestellten, im Stand der Technik bekannten Sensor erfasst wird und hierdurch der ebenfalls nicht dargestellte Regler den Stromzufluss zu der Ringspule 55 so steuert, dass ein zusätzlicher Magnetfluss erzeugt wird, der insgesamt zu einer asymmetrischen Magnetflussverteilung innerhalb des Axiallagers 9 führt, die der Aus- 30 lenkung der Lagerscheibe entgegenwirkt.

- 7 -

## Patentansprüche

1. Abgasturbolader (1) mit einem Gehäuse und einer im Gehäuse um ihre Längsachse drehbar angeordneten Welle (2), auf der ein Turbinenrad (4) und ein Verdichterrad (3) sitzen und die in Radiallagern (5, 6) und wenigstens einem Axiallager (9) geführt ist, wobei die Radiallager (5, 6) als passive permanentmagnetische Lager ausgebildet sind, die jeweils eine auf der Welle (2) sitzende Lagerscheibe (12, 16) als Rotor und wenigstens einen diesem an zumindest einer Seite axial gegenüberliegenden Stator (19, 20, 21, 22) aufweisen, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem Stator (19, 20, 21, 22) und einer gehäusefesten Partie (37, 38) jeweils ein federelastisches Element (60, 61) zur radialen Dämpfung von Schwingungsbewegungen der Welle (2) angeordnet ist.
2. Abgasturbolader nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gehäusefesten Partien durch Gehäusescheiben (37, 38) mit einem den Stator (19, 20, 21, 22) axial überragenden Flanschfortsatz gebildet sind.
3. Abgasturbolader nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das federelastische Element (60, 61) mit einer radial außen liegenden Fläche des Stators (19, 20, 21, 22) einerseits und einer radial innen liegenden Fläche der gehäusefesten Partie andererseits spaltfrei verbunden ist.
4. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das federelastische Element (60, 61) als coaxial zur Welle (2) angeordneter, zylindrischer Ring ausgebildet ist.



- 8 -

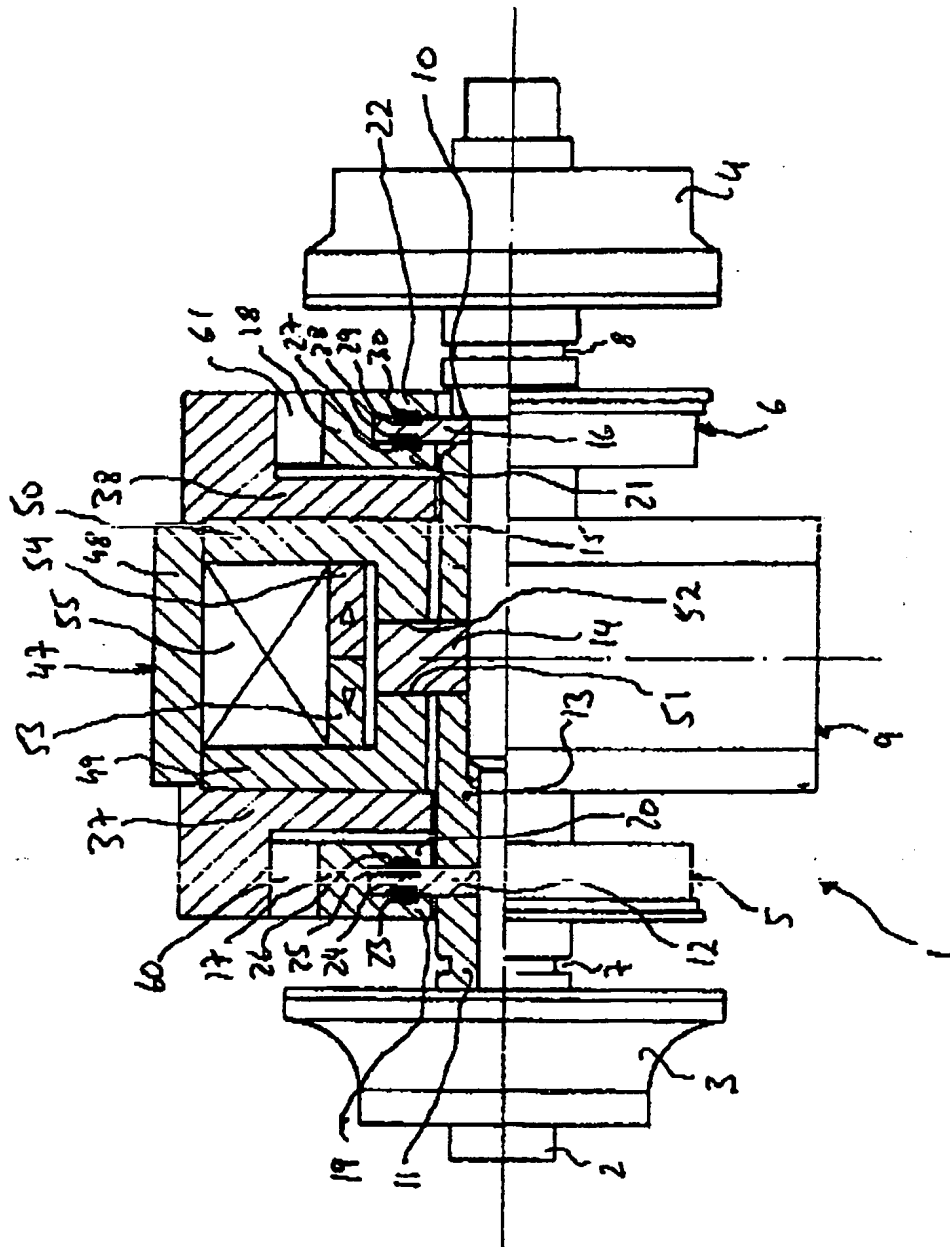
5. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das federelastische Element (60, 61) eine Federsteifigkeit zwischen 200 kN/m und 600 kN/m aufweist.
- 5 6. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das federelastische Element (60, 61) eine Dämpfungskonstante zwischen 100 kg/s und 300 kg/s aufweist.
- 10 7. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das federelastische Element (60, 61) aus einem Kunststoff, vorzugsweise aus Kautschuk besteht.
- 15 8. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stator (19, 20, 21, 22) als den Rotor axial und radial einfassendes, im Querschnitt U-förmiges Joch (17, 18) ausgebildet ist.
9. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Radiallager (5, 6) vorhanden sind, zwischen denen wenigstens ein Axiallager (9) angeordnet ist.

## **Zusammenfassung**

### **Abgasturbolader**

- 5 Die Erfindung betrifft einen Abgasturbolader (1) mit einem Gehäuse und einer im Gehäuse um ihre Längsachse drehbar angeordneten Welle (2), auf der ein Turbinenrad (4) und ein Verdichterrad (3) sitzen und die in Radiallagern (5, 6) und wenigstens einem Axiallager (9) geführt ist, wobei die Radiallager (5, 6) als passive permanentmagnetische Lager ausgebildet sind, die
- 10 jeweils eine auf der Welle (2) sitzende Lagerscheibe (12, 16) als Rotor und wenigstens einen diesen an zumindest einer Seite axial gegenüberliegenden Stator (19, 20, 21, 22) aufweisen. Um auf einfache Weise eine radiale Schwingungsdämpfung der Welle (2) zu erreichen, wird gemäß der Erfindung vorgeschlagen, dass zwischen dem Stator (19, 20, 21, 22) und einer
- 15 gehäusefesten Partie (37, 38) jeweils ein federelastisches Element (60, 61) angeordnet ist.

(Fig. 1)



BEST AVAILABLE COPY

~~46 524~~  
A 54 542 EP

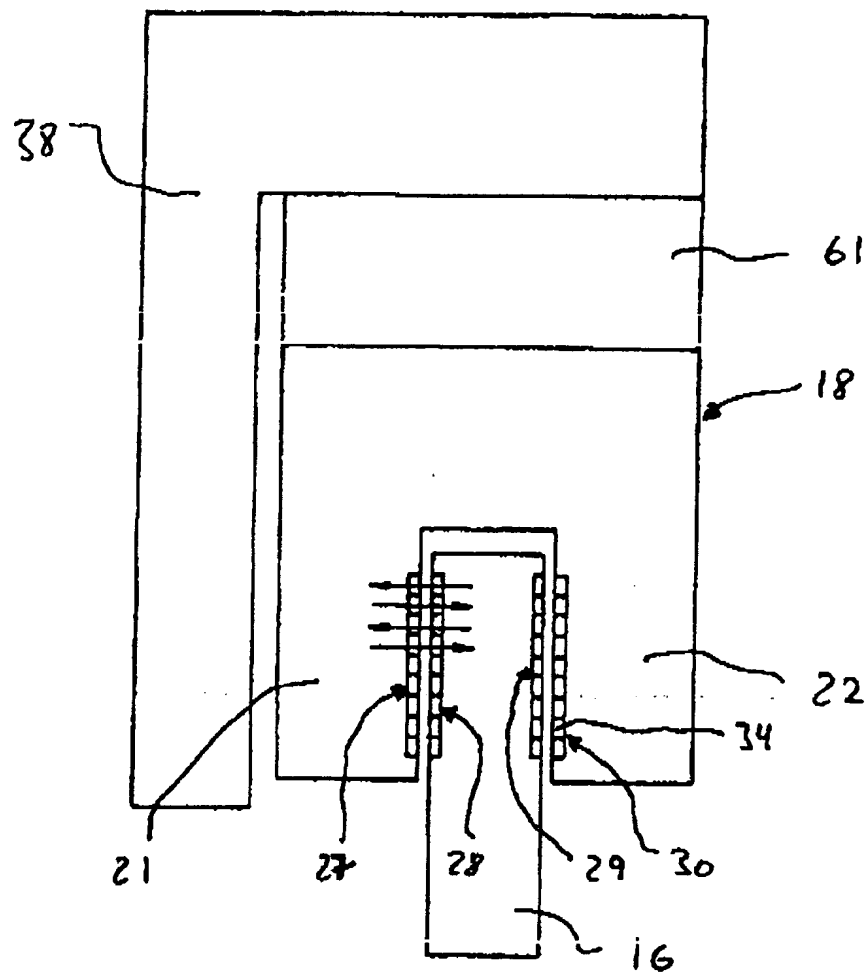


Fig. 2

~~16 524~~  
A 54 542 E